

NÖVÉNYI EREDETŰ ÉLELMISZERPOROK VIBROFLUID RÉTEGŰ PORLASZTÁSOS AGGLOMERÁLÁSÁNAK ELMÉLETE ÉS GYAKORLATA

DR. SZABÓ GÁBOR*

BEVEZETÉS

Az élelmiszeripar számára aktuális feladat a különböző eljárásokkal előállított szárítmányok instant jellegű agglomerált szemcsehalmazzá váló átalakítása az alapanyag fiziko-kémiai tulajdonságainak vagy részecskéi méretének megváltoztatásával. Az instant komponensek felhasználásával számos technológiai folyamat intenzifikálható és ezzel egyidejűleg csökkenthető a feldolgozó műveletek fajlagos energiaigénye is. Az agglomerátum forma számos előnye közül ki kell emelni az oldhatóság vagy szuszpendálhatóság növelésének, illetve szabályozhatóságának lehetősége mellett, hogy jelentősen javíthatók az eredetileg por formájú és mikroheterogén rendszert alkotó termékek csomóképződés nélküli nedvesedési tulajdonságai. A gördülékenységi hajlam megakadályozza az anyag boltozódását az automatikus mérlegelő rendszerben és mivel a termék kevésbé lesz higroszkópos egyszerűsíthetők a tárolás, illetve csomagolás feltételei és ezzel egyidejűleg hosszabb tárolás során sem tapasztalunk csomósodást. Ugyanakkor fontos kiemelnünk, hogy az agglomerált termékek esetében a porvesztések és ezzel együtt a levegőszennyeződés minimálisra csökkenthetők. Ha a felsorolt tulajdonságok komplex rendszerében vizsgáljuk a növényi eredetű élelmiszerporokkal mint végtermékkel vagy közbenső termékkel szemben támasztott követelményeket, akkor úgy gondoljuk nem kíván különösebb bizonyítást az agglomeráló eljárás alapuló instantizálási technológia gyakorlati jelentősége.

1. A VIBROFLUID RÉTEGŰ PORLASZTÁSOS AGGLOMERÁLÁS ELMÉLETI ALAPJAI

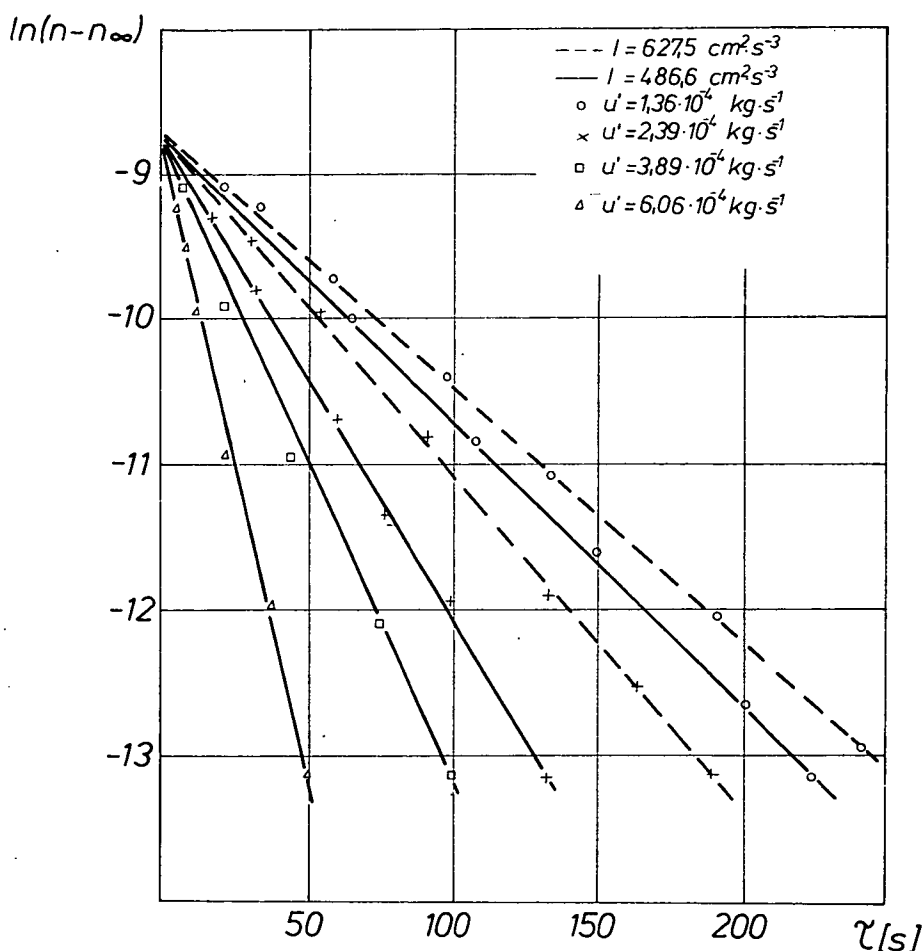
Az instantizálási technológia helyes kiválasztása és az azt megvalósító berendezés tervezése rendkívül összetett mérnöki feladat. Alapvetően tisztában kell lenni a feldolgozandó anyag fiziko-kémiai tulajdonságaival és a végtermékkel szemben támasztott követelményekkel. Ehhez gyakran nagyszámú kísérletre van szükség. Ha azonban ismerjük a technológia alapvető műveleteinek (agglomerálás, szárítás, hűtés) megvalósításához szükséges paraméterek rendszerét, továbbá megbízható matematikai modell áll rendelkezésünkre, mely leírja a végtermék fiziko-kémiai valamint instant tulajdonságait befolyásoló műveleti-, eljárás-, és berendezés jellemzők kölcsönhatait és a törvényszerűségek általánosíthatók is bizonyos peremfeltételek teljesülése esetén, akkor a tervezés meggyorsítható.

A vibrofluid rétegben lejátszódó felépítéses nedves agglomerálás alapja az, hogy a mozgásba hozott agglomerálandó szemcsehalmazt folyadékkal (pl. valamelyik agg-

* Automatizálási Osztály

lomerálandó komponens oldószerével), vagy valamilyen kötőanyag oldatával, olvadékaival, illetve szuszpenziójával a rétegbe való beporlasztás útján nedvesítik (pl. kakaópor-cukor keverék; vöröshagymapor, zellerpor) vagy olyan körülményeket hoznak létre, hogy a szilárd fázis egy része megolvadjon (pl. paradicsompör, fokhagymapor termoplasztikus agglomerálása), majd az oldószert eltávolítják, illetve olyan feltételeket biztosítanak, hogy a folyadékfázis megszilárduljon miközben végbemegy a szemcsék agglomerizációja és létrejönnek az agglomerátum végső szilárdságát biztosító kötések [1, 5, 8].

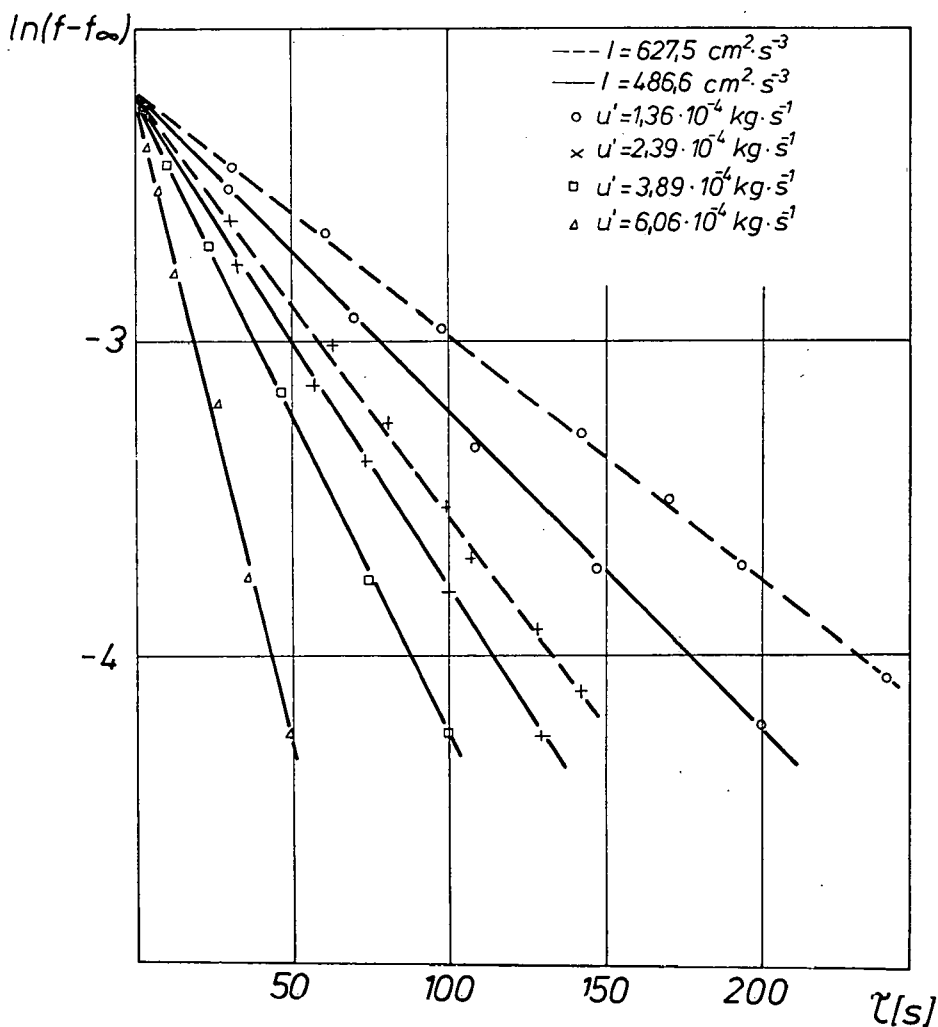
A szemcsemozgás megvalósítható vibrációs eljárás és fluidizáció együttes alkalmazásával, azaz vibrofluidizációval [4, 6, 11]. Az így előállított agglomerált termékekből készült leves-, mártás-, és italporok valamint különböző fűszerkeverékek az alapanyaghoz képest (a fő hangsúly az induló por és a végtermék instant jellemzőinek összehasonlításán és nem egy etalon instant összehasonlításán van) a felhasználás szempontjából kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkeznek.



1. ábra. Agglomeráláskor a fajlagos szemcseszám változását jellemző görbék

1.1. A folyamat matematikai modellje

A technológiai tervezés alapja az agglomerálási és szárítási folyamat kinetikájának ismerete. Kísérleteink során (modell anyagként kakaópor-cukor keveréket választva) vizsgáltuk a diszperz rendszer jellemzésére alkalmas sűrűségjellegű intenzív mennyiségek időbeli változásait. Agglomeráláskor azt tapasztaltuk, hogy a fajlagos szemcseszám- és felület értéke csökken, egy jól definiálható határértékhez tartva (n_∞ , f_∞), amint azt a féllogaritmikus koordináta rendszerben felépített görbék is mutatják (1. és 2. sz. ábrák). A dinamikus egyensúlyi állapotot jelző n_∞ és f_∞ a vibráció fajlagos teljesítményének ($I = A^2 \cdot f^3$) és a nedvesítő folyadék porlasztási sebességének függvényei [2, 7].



2. ábra. Agglomeráláskor a fajlagos felület változását jellemző görbék

Az agglomerálás kinetikáját az alábbi lineáris egyenletrendszer írja le [3, 5, 11]:

$$n_{\text{agg.}} = \frac{n_0 - n_{\infty}(I, u')}{1 + k_n(I, u') \cdot \tau_{\text{agg.}}^n} + n_{\infty}(I, u') \quad (1)$$

$$f_{\text{agg.}} = \frac{f_0 - f_{\infty}(I, u')}{1 + k_f(I, u') \cdot \tau_{\text{agg.}}^f} + f_{\infty}(I, u'). \quad (2)$$

Fontos paraméter a porlasztási sebesség, melynek értékét nem választhatjuk meg tetszőlegesen. Biztosítanunk kell az alábbi feltételek teljesülését [9]:

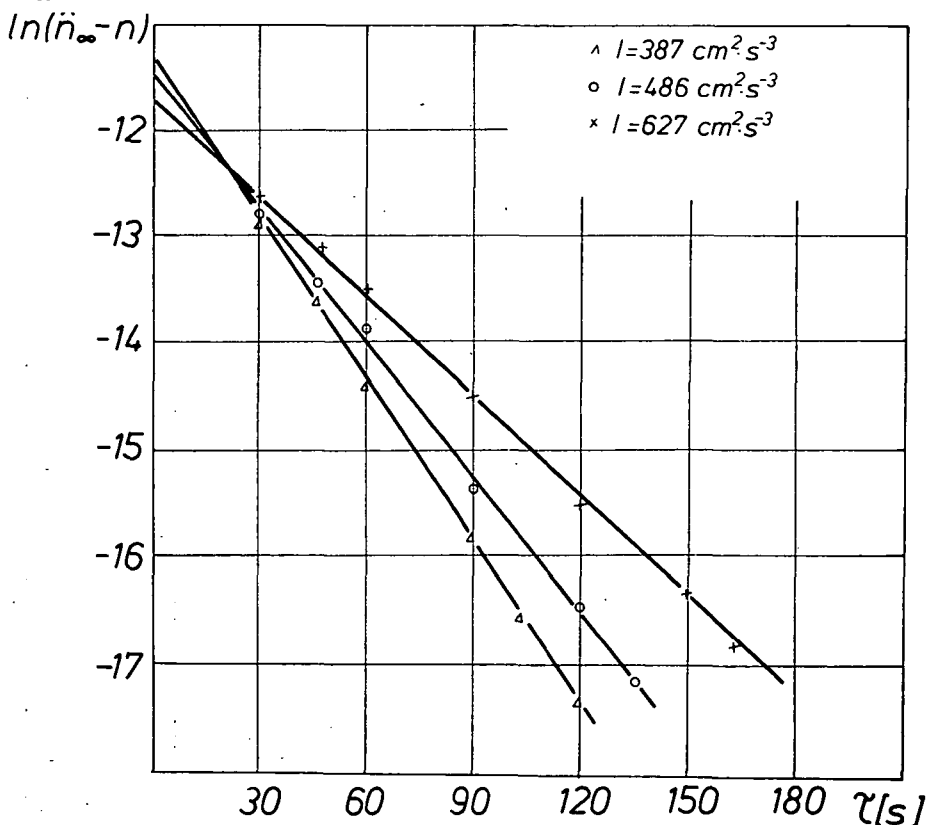
$$u'_{\text{gy.}} < u' < u'_{\text{max.}} \quad (3)$$

Az egyensúlyi porlasztási sebességet az agglomerálási folyamat hőmérlegéből, míg a maximális porlasztási sebességet az anyagmérlegből határozhatjuk meg:

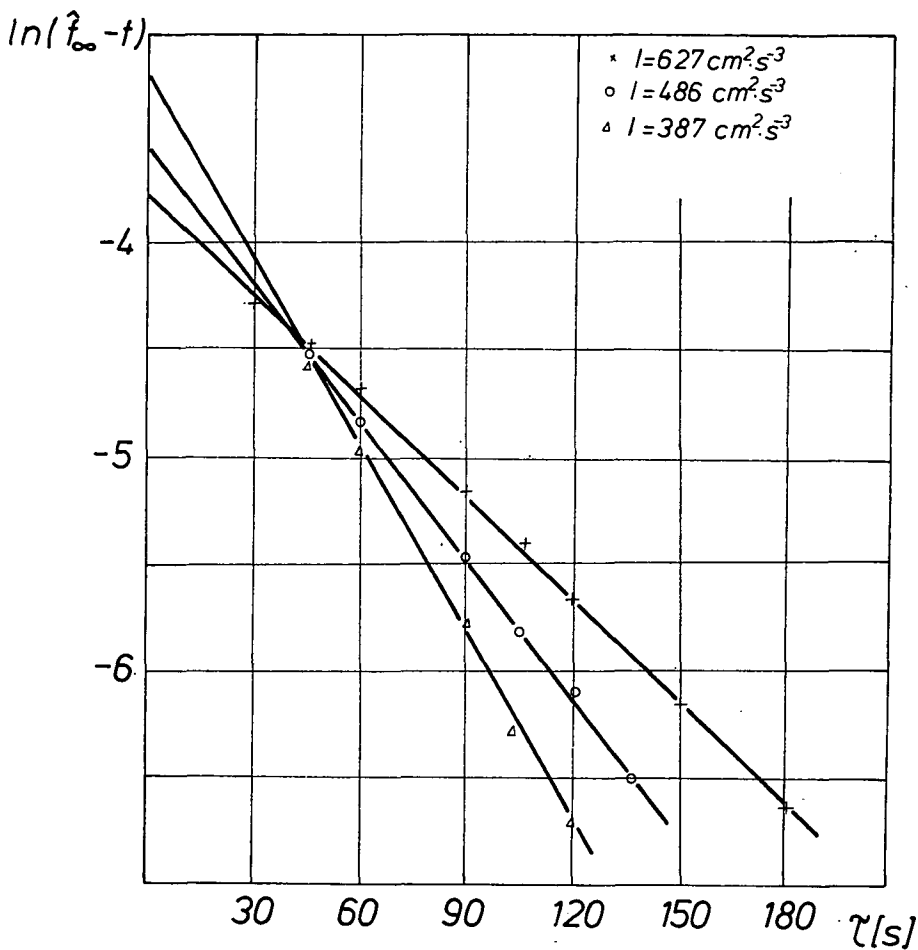
$$u'_{\text{cgy.}} = \frac{A_a(\varrho v)_1 \cdot c \cdot \Delta T + \bar{G} \cdot W_a[r + c_f(T_f - T_f)]}{\tau_{\text{agg.}}[r + c_f(T_f - T_f)]} \quad (4)$$

$$u'_{\text{max}} = \frac{W_{kr} \cdot \bar{G} + A_a(\varrho \cdot v)_1 \cdot \tau_{\text{agg.}} \cdot \Delta x}{\tau_{\text{agg.}}(1 - K \cdot \Delta x)} \quad (5)$$

A $\tau_{\text{agg.}}$ értékét az (1) és (2) összefüggések megoldása adja.



3. ábra. Szárításkor a fajlagos szemcse szám változását jellemző görbék



4. ábra. Szárításkor a fajlagos felület változását jellemző görbék.

A vibráció dezintegráló hatása a szárítás során a szemcseméret bizonyos csökkenéséhez vezet, amit az ugyancsak félogaritmikus koordináta rendszerben ábrázolt görbék is bizonyítanak a 3. és 4. sz. ábrákon.

A szárítás kinetikájának matematikai modellje az agglomerálási folyamathoz hasonló egyenletrendszerrel írható le, azzal a különbséggel, hogy az intenzív jellemzők határértékei (\hat{n}_∞ , \hat{f}_∞) csak a vibráció fajlagos teljesítményének függvényei:

$$n_{\text{szár.}} = \frac{n_{\text{agg.}} - \hat{n}_\infty(I)}{1 + s_n(I) \cdot \tau_{\text{szár.}}} + \hat{n}_\infty(I) \quad (6)$$

$$f_{\text{szár.}} = \frac{f_{\text{agg.}} - \hat{f}_\infty(I)}{1 + s_f(I) \cdot \tau_{\text{szár.}}} + \hat{f}_\infty(I) \quad (7)$$

1.2. A szemcseméret eloszlás paraméterei és az intenzív jellemzők közötti kapcsolat

A felépítéses agglomerálás célja a szemcseméret növelése. Így célszerű ha a szemcseképződés folyamatát a részecske méret változásának vizsgálatával közelítjük meg. Bizonyított, hogy a keletkezett agglomerátumok a Kolgomorov féle lognormális eloszlást követik [1, 4]. Ez az eloszlás Gauss-féle hibaintegrál beosztású ordinátával és logaritmikus léptékezésű abcisszával rendelkező diagramhálón egyenest ad. Az egyenes meredekségének reciproka az eloszlást jellemző „b” paraméter értékét adja az „a” paraméter pedig a medián helyzetéből számítható. Ismert „a”-ra és „b”-re a sűrűségjellegű intenzív mennyiségek nagy pontossággal meghatározhatók az alábbi összefüggések segítségével:

$$n = 6 \left(\pi \cdot a^3 \cdot \exp \frac{9}{2} b^2 \right)^{-1} \quad (8)$$

$$f = 6 \left(a \cdot \exp \frac{5}{2} b^2 \right)^{-1} \quad (9)$$

$$d_f = (n \cdot f \cdot \pi^{-1})^{1/2}.$$

2. A VIBROFLUIDIZÁCIÓS PORLASZTÁSOS AGGROMERÁLÁS GYAKORLATA

A vibrofluid rétegű porlasztásos agglomerálás gyakorlati kérdéseivel számos publikáció [1, 2, 5, 12, 13] foglalkozik. A növényi eredetű élelmiszerporok instantizálásával kapcsolatos problémákra a gyakorlati szakember DÖRNYEI [5, 6, 10] munkáiból meríthet igen hasznos információkat. Nevezett kutatóval közösen, számos termékre — többek között paradicsomporra, szójaporra stb. — meghatároztuk és optimáltuk az instantizálási technológia legfontosabb paramétereit. Kidolgoztuk továbbá egy-a folyamat és a berendezés tervezésére alkalmas — számítógépes programot [2], mely az ugyancsak általunk kidolgozott analóg szimulációs programmal [3] együtt alkalmazva meggyorsítja a tervezést és biztosítja a paraméterek optimálását a kísérletek számának egyidejű csökkenével. Az 1 sz. táblázatban közöljük néhány vibrofluid rétegben porlasztásos agglomerálással instantizált termék legfontosabb műveleti és eljárás-technológiai paramétereit.

A táblázatban a paprikaporra megadott értékek optimálását további kísérletsozattal kívánjuk elvégezni. Arról azonban beszámolhatunk, hogy a szemcseszerkezet megváltozása a por higroszkóposságának csökkenéséhez és színének a követelmények irányában történő megváltozásához vezetett. Reális lehetőség van az anyagátadási transzport folyamatok komplex ismerete alapján úgy megválasztani az eljárás paramétereit, hogy a folyamat által irányított anyagátviteli transzporttal megváltoztassuk a szemcsék belső szerkezetét, elérve ezzel az alkotórészek átrendeződését. Ezzel egyidejűleg biztosítható bizonyos — a kedvező szín kialakításában szerepet játszó — komponensek felületre történő transzportja is.

Bizonyos szakmai körökben jelenleg úgy tartják, hogy nem érdemes a paprika granulálással foglalkozni. Reméljük azonban, hogy közleményünkkel az érdeklődők figyelmét fel tudtuk kelteni. A továbbblépéshez azonban megfelelő anyagi bázisra van szükségünk, ugyanis olyan — részben általunk megtervezett, de sajnos import igényes — kísérleti berendezésre van szükségünk, melynek segítségével meghatározhatók a különböző porok szorpció-szerkezeti izotermái, melyek a gyakorlat számára nélkülözhetetlen információkat tartalmaznak.

Megnevezés	Paradicsom por	Szója por	Kakaópor – cukor keverék	Vöröshagyma por	Zeller por	Paprika por
1. A szemcsék közepes mérete [mm]						
– agglomerálás előtt	0,18	0,12	0,01	0,10–0,20	0,10–0,17	0,20–0,35
– agglomerálás után	1,2	0,91	0,80	0,55–0,65	0,65–0,72	0,70–1,25
2. Agglomerálási nedvességtartalom [%]	12,50	32,0	4,94	9,0–10,0	7,6–8,0	16,7–17,1
3. A vibráció fajlagos teljesítménye [cm^2s^{-3}]	200	700	470	670	670	260
4. A fluidum tömegáram sűrűsége [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$]	0,51	0,72	0,22	0,63	0,63	0,16–0,28
5. Gázelosztó rács felületi sűrűsége [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$]	8	28	24	18	18	15

1. sz. táblázat

Agglomerált termékek néhány műveleti és eljárás technológiai paraméterei
DÖRNYEI, J. [5, 6, 10] és SZABÓ, G. [1] nyomán

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásaink eredményeként eddig két ipari méretű berendezés megtervezésére került sor. Az egyik kakaópor, karamellás- és kávé tejpor, míg a másik különböző tejpor alapú termékek instantizálására alkalmas. A berendezések üzembe helyezésével, az import termékek hazai gyártásának bevezetésével jelentős devizamegtakarításra számíthatunk.

IRODALOM

1. Szabó, G.: Tartósított élelmiszerek aero-vibrofluid rétegű instantizálása. Egyetemi doktori értekezés. Budapest, 1982.
2. Szabó, G.: Élelmiszmérnöki segédletek. Élelmezési Ipar. Megjelenés alatt.
3. Szabó, G.—Dörnyei, J.: Modelling the kinetics of instant process in aero-vibrofluid layer by analoguecomputer. Lecture on the 4th Conference on Applied Chemistry Unit Operation and Processes. Veszprém, 1983.
4. Urjev, N. B.—Talejsznyik, M. A.: Fiziko-himicseszkaja mechanika i intenzifikacija obrozovanija pisevuh massz. „P. P.” Moszkva, 1976.
5. Dörnyei, J.: Pillanatoldó élelmiszerek gyártása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 1981.
6. Dörnyei, J.: Élelmezési Ipar. 11. 422 (1982).
7. Csukás, B.—Pataki, K.—Ormós, Z.: Studies of fluidisation — Granulation Kinetics. Lectura on the 3rd Conference on Applied Chemistry. Veszprém, 1977.
8. Ormós, Z.: Magyar Kémikusok Lapja. 10. 511 (1975).
9. Ormós, Z.—Pataki, K.—Csukás, B.: Hung. J. Ind. Chem. 1. 463 (1973).
10. Dörnyei, J.—Ginzburg, A. SZ.: Konzerv- és paprikaipar 1. 7 (1978).
11. Cslenov, V. A.—Mihajlov, N. U.: Vibrokijascsiy szloj. „Nauka”. Moszkva, 1972.
12. Ginzburg, A. SZ.—Szürodejov, V. I.—Dörnyei, J.: Hlebocpkarnaja i konditerszkaja promüslennosty. 1. 12 (1978).
13. Ginzburg, A. SZ.: Osznövu Teorii i tehnikii szuski piscsevuh produktov. „P. P.” Moszkva, 1973.

THEORY AND PRACTICE OF VIBROFLUID-LAYER PULVERIZATION AGGLOMERATION OF FOODSTUFF POWDERS OF PLANT ORIGIN

0

DR. Gábor Szabó

The correct selection of instantization technology and the planning of the equipment for this is an extremely complex engineering task. The parameters influencing the properties of the end-product can frequently be determined and optimized only after a large number of experiments. Details are given of a mathematical model of vibrofluid-layer pulverization agglomeration, the application of which results in a decrease in the experimental adjustments and in the acceleration of the planning. Practical questions of instantization are dealt with, and an account is given of the results of research relating to foodstuff powders plant origin.

THEORIE UND PRAXIS DER AGGLOMERATION DURCH VIBROFLUID- SCHICHTZERSTÄUBUNG VON LEBENSMITTELPULVERN PFLANZLICHEN URSPRUNGS

DR. Gábor Szabó

Die richtige Auswahl der Instantisierungstechnologie und die Planung einer Anlage zu ihrer Verwirklichung bedeutet eine komplizierte Aufgabe für den Ingenieur. Die Parameter, die die Eigenschaften des Endproduktes beeinflussen, können oft erst nach zahlreichen Versuchen bestimmt und optimiert werden. Der Verfasser legt das mathematische Modell der Agglomeration durch Vibrofluidschichtzerstäubung eingehend dar und erzielt dadurch die Verminderung der Versucheinstellungen und die Fragen der Instantisierung in der Praxis und berichtet über die Ergebnisse der Untersuchungen im Bereich der Lebensmittelpulver pflanzlichen Ursprungs.

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ АГЛОМЕРАЦИИ
В ВИБРОКИПАЮЩЕМ СЛОЕ ПИЩЕВЫХ ПОРОШКОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

д-р Габор Сабо

Правильный выбор технологии пищевых порошков для инстантизации и планирование сооружений, осуществляющих ее, является чрезвычайно сложной инженерно-технической задачей. Определение и оптимизация параметров, влияющих на качество конечного продукта, зачастую возможны лишь с помощью многочисленных экспериментов. Автор подробно характеризует математическую модель распылительной агломерации в виброкипящем слое, применение которой способствует снижению экспериментальных постановок и ускорению проектирования. Статья занимается практическими вопросами инстантизации и знакомит с результатами исследований, проведенных на пищевых прошках растительного происхождения.